

BESCHREIBUNG

Verfahren und Vorrichtung zum Laserbearbeiten von
5 Werkstücken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Laserbearbeiten von Werkstücken mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruchs.

10 Aus der Praxis ist es bekannt, mit einem Laserwerkzeug verschiedene Arten von Werkstückbearbeitung durchzuführen, z.B. Schweißen, Schneiden, Gravieren, Beheizen oder dergleichen. Die Laserwerkzeuge werden mittels
15 mehrachsigen mechanischen Manipulatoren, z.B. Kreuzzischen, mehrachsigen Gelenkarmrobotern oder dergleichen relativ zum Werkstück bewegt. Beim Laserschweißen ist es üblich, das Laserwerkzeug mittels eines Andrückelementes in Kontakt und mit gleichbleibendem
20 Abstand zum Werkstück zu führen. Hierbei können Fokussieroptiken mit festen und relativ kurzen Brennweiten eingesetzt werden. Ferner ist in der Praxis das Laser-Remoteschweißen bekannt, bei dem ein Laserwerkzeug mit feststehender und längerer Brennweite von einem
25 mehrachsigen Manipulator in einem größeren Abstand relativ zum Werkstück geführt wird. Beim Remote-Schweißen ist es außerdem bekannt, das Laserwerkzeug mit einer Scannereinrichtung auszustatten, die den Laserstrahl ablenkt und relativ zum Werkstück bewegt.

30 Bei den vorgenannten Laserbearbeitungen ist die Prozessgeschwindigkeit des Laserstrahls am Werkstück, z.B. die Schweißgeschwindigkeit, begrenzt. Sie liegt bei YAG- oder CO₂-Lasern bei ca. 4 - 6 m/min. Mit Faserlasern oder
35 Scheibenlasern sind höhere Geschwindigkeiten bis momentan ca. 10 m/min erreichbar. Die Versatzgeschwindigkeit, mit der der Manipulator das Laserwerkzeug entlang einer

vorgegebenen Bahn bei der Bearbeitung, z.B. beim Laserschweißen, bewegt, entspricht der vorerwähnten Bearbeitungsgeschwindigkeit. Wenn strichweise Bearbeitungsvorgänge stattfinden, z.B. beim Steppnahtschweißen, kann der Manipulator in den Transportphasen zwischen den Schweißvorgängen schneller bewegt werden. Bei den meisten Bearbeitungsvorgängen, z.B. beim Laserschweißen, wird angestrebt, möglichst viele Schweißnähte in möglichst kurzer Zeit zu setzen. Durch die relativ niedrige Schweißgeschwindigkeit sind dem aber Grenzen gesetzt, zumal der Manipulator in den Transportphasen mit seinen Achsen Beschleunigungs- und Bremsvorgänge durchführen muss und dadurch ebenfalls im Geschwindigkeitsniveau begrenzt ist. Zudem führen derartige Beschleunigungs- und Bremsvorgänge zu höheren mechanischen Belastungen des Manipulators.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine bessere und leistungsfähigere Laserbearbeitungstechnik aufzuzeigen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch. Die Überlagerung der führenden Versatzbewegung und einer entgegen gerichteten Ausgleichsbewegung des Laserstrahls hat den Vorteil, dass das Gesamt-Geschwindigkeitsniveau des Manipulators erhöht werden kann, ohne dass die zulässige Bearbeitungsgeschwindigkeit am Werkstück überschritten wird. Durch die Leistungssteigerung können mehr Bearbeitungsvorgänge in kürzerer Zeit als bisher durchgeführt werden. Dies hat besonders Vorteile beim Laserschweißen und speziell bei Steppnähten.

Mit der beanspruchten Laserbearbeitungstechnik ist es insbesondere möglich, Karosserieteile mit Steppnähten sehr schnell und mit hoher und einstellbarer Festigkeit bzw. Formstabilität zu fügen und eine Karosserie ähnlich wie

- 3 -

ein Kleidungsstück sozusagen zu "nähen". Dies kann sowohl beim Geometrieschweißen geschehen, als auch beim Ausschweißen, wobei beide Schweißvorgänge in der gleichen Station erfolgen und ineinander übergehen können. Die beim Punktschweißen übliche Trennung in Geometrieschweißen oder Heften in einer Framing-Station und anschließendes Respot-Schweißen in Folgestationen ist nicht mehr erforderlich, kann allerdings auf Wunsch trotzdem stattfinden.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit zur Vergleichmäßigung der Versatzbewegungen. Wenn die Versatzgeschwindigkeit ausreichend hoch ist, kann die Versatzbewegung im Wesentlichen kontinuierlich sein, was den Manipulator entlastet. Hierbei sind allerdings in den Transportphasen trotzdem Geschwindigkeitserhöhungen möglich, um die Leistung noch weiter zu steigern.

Die Ausgleichsbewegung wird in der einen Variante über eine Schwenkbewegung der Manipulatorhand um eine ihrer Handachsen durchgeführt. Eine solche Bewegung lässt sich schnell durchführen und sehr exakt steuern, wobei diese Handachse bevorzugt eigenständig und unabhängig von der Versatzbewegung der anderen Manipulatorachsen steuerbar ist. Die Bewegung einer Handachsenbewegung und insbesondere einer möglichst weit abtriebseitig liegenden Achse hat den weiteren Vorteil, dass die beteiligten Massen klein gehalten werden können, was eine trägheitsarme Ausgleichsbewegung erlaubt.

Das Laserwerkzeug kann mittels eines Auslegers oder einer anderen geeigneten Technik mit Abstand oder in einer Winkellage zur Manipulatorhand und der für die Ausgleichsbewegung beaufschlagten Handachse montiert sein. Durch die Abstandsvergrößerung genügen kleine Drehwinkel der Handachse, um große Ausgleichsbewegungen und -wege zu erzielen. Durch Veränderung des Abstands kann das Übersetzungs- oder Hebelverhältnis geändert werden. Das

Laserwerkzeug kann je nach Art des Auslegers eine kurze und vorzugsweise feste Fokusbrennweite haben. Das hat Vorteile bei der Fokustoleranz und bei der breiten Auswahl an einsetzbaren Lasersystemen. Es ist alternativ möglich,
5 Laseroptiken mit einer langen Fokusbrennweite einzusetzen.

In der anderen Variante wird eine Scannereinrichtung zur Ablenkung des Laserstrahls eingesetzt. Diese bringt zwar einen höheren Bauaufwand und höhere Kosten als die
10 vorbeschriebene Variante mit sich, bietet ansonsten aber die gleichen technologischen Vorteile.

Bei einer Ausgleichsschwenkbewegung wird zu Beginn des Bearbeitungsvorgangs, insbesondere am Anfang der zu
15 setzenden Schweißnaht, der Laserstrahl dem Laserwerkzeug und der Versatzbewegung vorausseilend schräg auf das Werkstück gerichtet. Ein solcher von der normalerweise senkrechten Strahlrichtung abweichender Einstrahlwinkel von z.B. 15° hat Vorteile beim Einstecken des Laserstrahls
20 am Werkstück. Im Verlauf der Ausgleichsbewegung ändert sich die Strahlrichtung über den senkrechten Einfallswinkel bis zu einem schräg rückwärts gerichteten Strahlwinkel, was wiederum Vorteile am Nahtende hat.

25 In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

30

35

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

- 5 Figur 1: eine Laserbearbeitungsvorrichtung mit einem mehrachsigen Roboter, einem Ausleger und einem Laserwerkzeug an einem Werkstück in Seitenansicht,
- 10 Figur 2: einen Bewegungsablauf einer Ausgleichsbewegung des Laserwerkzeugs in sieben Schritten A - G,
- Figur 3: eine Wegedarstellung von Schweißnaht und Ersatzweg,
- 15 Figur 4: ein Geschwindigkeitsdiagramm für Versatzgeschwindigkeit, Ausgleichsgeschwindigkeit und Schweißgeschwindigkeit,
- 20 Figur 5: eine Vektordarstellung der überlagerten Geschwindigkeiten,
- Figur 6: verschiedene Nahtformen,
- 25 Figur 7: ein Schweißschema an einer Karoserieseitenwand,
- Figur 8: eine Variante der Laserbearbeitungsvorrichtung mit einem anders ausgerichteten und angeordneten Ausleger in Seitenansicht,
- 30 Figur 9: eine vergrößerte Detaildarstellung des Auslegers mit dem Laserwerkzeug und
- 35 Figur 10: eine weitere Variante der Laserbearbeitungsvorrichtung mit einer Scannereinrichtung zur Laserstrahlablenkung.

Figur 1, 8 und 10 zeigen eine Laserbearbeitungsvorrichtung (1) in verschiedenen Varianten, die aus mindestens einem mehrachsigen mechanischen Manipulator (2) und einem Laserwerkzeug (3) besteht, welches mindestens einen Laserstrahl (4) auf ein Werkstück (6) emittiert.

Der Manipulator (2) ist vorzugsweise als mindestens sechssachsiger Gelenkarmroboter ausgebildet. Dieser besteht in der gezeigten Ausführungsform aus einem Sockel (12), auf dem um eine erste vertikale Drehachse I eine Konsole (11) drehbar gelagert ist, an der wiederum eine Schwinge (10) um eine horizontale Schwenkachse II schwenkbar gelagert ist. Am oberen Schwingenende ist um eine weitere horizontale Schwenkachse III ein Roboterarm (9) schwenkbar gelagert, an dessen vorderen Ende eine dreiachsige Roboterhand (8) mit drei kreuzenden Handachsen IV, V und VI angebracht ist. Am vorderen Ende hat die Roboterhand (8) einen drehbaren Abtriebsflansch (14), an dem das Laserwerkzeug (3) montiert ist.

Das Laserwerkzeug (3) ist in den Zeichnungen nur schematisch dargestellt. Es kann von beliebig geeigneter Bauart sein, z.B. ein YAG-Laser, ein CO₂-Laser, ein Faserlaser, ein Scheibenlaser oder dergleichen. Die Laserstrahlquelle (15) kann extern angeordnet sein, wobei der Laserstrahl am Laserwerkzeug (3) in geeigneter Weise über eine Leitungsführung (16) mit Spiegeln, Lichtleitfaserkabel oder dergleichen eingekoppelt wird. Figur 8 und 10 zeigen eine solche Anordnung. Der austretende Laserstrahl (4) kann in Abwandlung der gezeigten Ausführungsform mehrteilig sein und aus mehreren, ggf. durch Strahlspaltung aufgeteilten Einzelstrahlen bestehen.

- 7 -

Das Laserwerkzeug (3) ist z.B. als Laserschweißkopf ausgebildet. Es hat eine Laseroptik mit einer festen Fokusbrennweite, die z.B. in der Ausführungsform von Figur 1 bis 4 ca. 150-400 mm betragen kann. Bei der Variante von
5 Figur 8 und 9 wird z.B. eine längere Festbrennweite von ca. 300-600 mm eingesetzt.

Die Brennweite kann ferner je nach Art der Lasereinheit variieren. Ein YAG-Laser hat typischerweise z.B. 240 mm
10 Brennweite. Die Fokussieroptik ist in den Varianten von Figur 1 bis 4 sowie Figur 8 und 9 winkelfest ausgebildet, so dass der emittierte Laserstrahl (4) nicht abgelenkt wird. Bei der dritten Ausführungsform von Figur 10 kommt eine Scannereinrichtung (17) mit schwenkbaren Spiegeln zum
15 Einsatz, mit der der Laserstrahl (4) abgelenkt werden kann.

Zum Ausgleich evtl. Fokussier- oder Positionierungenauigkeiten kann das Laserwerkzeug (3)
20 einen Höhengleich haben, mit dem die Fokussieroptik in Strahlrichtung nachgestellt wird, um den Brennfleck und den Fokus auf der Oberfläche des Werkstücks (6) zu halten. Hierfür kann auch eine entsprechende Abstandsmesseinrichtung vorhanden sein.

25 Das Werkstück (6) kann von beliebiger Art sein. Vorzugsweise handelt es sich um ein oder mehrere Karosserieteile, insbesondere Rohkarosserieteile, von Fahrzeugen. Figur 5 zeigt hierzu ein Beispiel mit einer
30 Karosserie-Seitenwand. Das Werkstück (6) kann aus mehreren Bauteilen bestehen, die fügegerecht positioniert und durch eine Spanneinrichtung (nicht dargestellt) gespannt sind. Vorzugsweise ist das Werkstück (6) stationär gehalten, kann alternativ aber auch relativ zum vorzugsweise
35 stehenden Roboter (2) oder Manipulator bewegt werden.

Das Laserwerkzeug (3) ist in den Varianten von Figur 1 bis 4 sowie Figur 8 und 9 mit Abstand von der Roboterhand (8) angeordnet und wird hierbei z.B. durch einen entsprechenden Ausleger (5) distanziert. Alternativ kann
5 das Laserwerkzeug (3) ein entsprechend verlängertes und ggf. abgewinkeltes Gehäuse besitzen. In der Ausführungsform von Figur 1 bis 4 ist der Ausleger (5) länger als in der Bauform von Figur 8 und 9, wobei die Brennweitenverhältnisse sich entsprechend umgekehrt
10 verhalten.

Ferner ist es möglich, auf einen Ausleger (5) zu verzichten und ein Laserwerkzeug (3) mit einer entsprechend längeren Fokusbrennweite von z.B. 600 -
15 1.500 mm direkt am Abtriebsflansch (14) anzuordnen.

In der Ausführungsform von Figur 1 bis 4 mit einem stehenden Werkstück (6) sind das Laserwerkzeug (3) und der Ausleger (5) plan am Abtriebsflansch (14) der Roboterhand
20 (8) montiert, so dass die Abtriebsachse VI der Roboterhand (8) und die Austrittsachse des Laserstrahls (4) zusammen fallen. Alternativ kann gemäß Figur 8 und 9 die Roboterhand (8) um die quer liegende Handachse V um ca. 90° nach unten oder oben gedreht sein, wobei der Ausleger
25 (5) quer am Abtriebsflansch (14) und quer zur Abtriebsachse VI angeordnet ist.

Zwischen dem unteren oder vorderen Ende des Laserwerkzeugs (3) und dem Werkstück (6) besteht ein freier
30 Arbeitsabstand a. Die Brennweite b der im Laserwerkzeug (3) angeordneten und nicht näher dargestellten Fokussieroptik ist im wesentlichen gleich oder etwas größer. Mit x wird die Tool-Center-Point-Koordinate (TCP-Koordinate) in Werkzeug- bzw. Laserstrahlrichtung
35 bezeichnet. Sie bezieht sich auf ein vorzugsweise im Zentrum des Abtriebsflansches (14) angeordnetes Flanschkoordinatensystem, welches als Bezug für die

nachfolgend erläuterten Versatz- und Ausgleichsbewegungen sowie die Orientierungen des Laserstrahls (4) bzw. des Laserwerkzeugs (3) dient. Die TCP-Koordinate x ist vorzugsweise der Abstand zwischen Fokus und Fußpunkt des Flanschkoordinatensystems.

Der Roboter (2) hält in allen Varianten das Laserwerkzeug (3) mit einem vorzugsweise gleich bleibenden Abstand a vom Werkstück (6) und führt es in einer vorprogrammierten und vorzugsweise in der Robotersteuerung (13) gespeicherten Bahn entlang der Werkstückoberfläche. Zwischen Laserwerkzeug (3) und Werkstück (6) besteht hierbei vorzugsweise kein Berührungskontakt. Diese globale Führungsbewegung wird als Versatzbewegung bezeichnet, wobei der Roboter mit der Roboterhand (8) und insbesondere mit dem Abtriebsflansch (14) über die Bewegung seiner Achsen einen Versatzweg f und eine Versatzgeschwindigkeit V_r entlang der Bahn (nicht dargestellt) am Werkstück (6) ausführt. Im Rahmen dieser Versatzbewegung würde normalerweise das Laserwerkzeug (3) derart bewegt und geführt, dass der austretende Laserstrahl (4) senkrecht zur Werkstückoberfläche gerichtet ist.

Mit dem Laserwerkzeug (3) können beliebige unterschiedlichste Bearbeitungsvorgänge durchgeführt werden. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Schweißprozess durchgeführt. Die Bearbeitungsvorgänge sind vorzugsweise unterbrochen oder intermittierend, wobei z.B. Steppnähte gesetzt werden, die aus einer Vielzahl von kurzen Nähten oder Nahtabschnitten (7) bestehen, die mit beliebigem Abstand hintereinander in Bahnrichtung gesetzt werden. Figur 4 verdeutlicht im oberen Teil eine solche Steppnaht. Beim Steppnahtschweißen führt der Roboter (8) zwischen den einzelnen Nähten (7) Transportbewegungen aus, bei denen der Laserstrahl (4) ausgeschaltet ist. Dies kann in beliebig geeigneter Weise durch Abschalten der Laserstrahlquelle, alternativ aber auch durch zeitweises

Umschalten des Laserstrahls mittels einer Weiche auf andere Laserwerkzeuge geschehen. Die Nahtlängen, Nahtformen und die Transportwege können variieren.

- 5 Beim Schweißen der Steppnaht wird in den Schweißphasen der Versatzbewegung des Roboters (2) eine zumindest partiell entgegen gerichtete Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) überlagert. Die Versatzgeschwindigkeit V_r ist hierbei größer als die entgegen gerichtete
- 10 Ausgleichsgeschwindigkeit V_w . Hierdurch wird z.B. die am Werkstück (6) wirkende Bearbeitungs- oder Schweißgeschwindigkeit V_s des Laserstrahls (4) verringert und ist wesentlich kleiner als die Versatzgeschwindigkeit V_r . Zwischen den Schweißphasen kann eine Rückholbewegung
- 15 erfolgen, um den Laserstrahl vor oder am Beginn der nächsten Schweißphase wieder in die Ausgangslage zu bringen.

- Alternativ kann die entgegen gerichtete
- 20 Ausgleichsgeschwindigkeit V_w zumindest stellenweise größer als die Versatzgeschwindigkeit V_r sein, was sogar eine rückwärts gerichtete Bearbeitungs- oder Schweißgeschwindigkeit V_s erzeugt. Hierdurch lassen sich z.B. beim Schweißen Schuppenlagen durch eine abwechselnd
- 25 vorwärts und rückwärts gerichtete Pendelbewegung des Laserstrahls (4) erzeugen. Zusätzlich kann der Laserstrahl (4) bei der Ausgleichsbewegung eine seitliche Auslenkung erhalten.

- 30 Figur 6 zeigt verschiedene, durch die beanspruchte Technik erzeugbare Nahtformen. In der einfachsten und bevorzugten Ausführungsvariante besteht die Steppnaht aus einzelnen und im Wesentlichen geraden oder einfach gebogenen Nahtabschnitten (7). Dies ist im oberen Teil von Figur 6
- 35 dargestellt. Der untere Teil von Figur 6 zeigt weitere Abwandlungen. Dies können einerseits quer zur Bahnrichtung ausgelenkte Zick-Zack-Nahtformen sein. Außer diesen

endlichen Nahtformen sind auch endlose Nahtformen, z. B. Kreise, Ovale oder Spiralförmigkeiten gemäß Figur 6 sein. In den nachfolgenden Erläuterungen wird auf das bevorzugte Ausführungsbeispiel von Steppnähten aus geraden Nahtstrichen eingegangen. Für die anderen in Figur 6 gezeigten Nahtformen gelten entsprechende Abwandlungen.

Die Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) ist vorzugsweise eine Winkelbewegung, die zumindest teilweise, d.h. mit einer Bewegungskomponente, in Richtung der verfolgten Bahn und entgegen der Versatzbewegung erfolgt. Ggf. ist auch die erwähnte seitliche Auslenkbewegung möglich. Die Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) wird in den Ausführungsformen von Figur 1 bis 4 und Figur 8, 9 durch eine Schwenkbewegung der Roboterhand (8) um mindestens eine ihrer Handachsen IV, V, VI ausgeführt.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel von Figur 1 mit der geraden Steppnaht an einem stehenden Werkstück (6) führt der ebenfalls stehende Roboter (2) eine im wesentlichen parallel zum Werkstück (6) ausgerichtete Versatzbewegung V_r mit seinen Achsen I bis IV aus. Die Ausgleichsbewegung erfolgt durch eine Drehung von Abtriebsflansch (14), Ausleger (5) und Laserwerkzeug (3) um die quer liegende Handachse V. Pfeile V_r und V_w verdeutlichen die Versatz- und Ausgleichsbewegung. Eine evtl. seitliche Auslenkbewegung kann z.B. bei einer um 90° nach oben oder unten geschwenkten Roboterhand (8) durch eine ggf. überlagerte Drehung der Flanschachse VI erfolgen.

In der Variante von Figur 8 und 9 werden entsprechende Versatz- und Ausgleichsbewegungen an einem liegenden Werkstück (6) durch die Fahrbewegung des Roboters (2) mit den Achsen I bis IV und die Drehung um die Handachse V ausgeführt.

Die für die Ausgleichsbewegung zuständige Handachse, hier die Achse V, ist unabhängig von der Versatzbewegung steuerbar. Dies schließt nicht aus, dass die betreffende Handachse an der Versatzbewegung beteiligt ist, um das Laserwerkzeug (3) entlang der Werkstückoberfläche und der gewünschten Bahn zu führen. Diesem Achsanteil an der Versatzbewegung ist jedoch die Ausgleichs-Schwenkbewegung überlagerbar. Zu diesem Zweck ist es nützlich, wenn die Robotersteuerung (13) nicht nur bahnbezogene Winkeländerungen zulässt, sondern vielmehr sowohl bahnbezogen wie auch winkelbezogen programmiert werden kann.

Durch den Abstand x der TCP-Koordinate führen kleine Winkelbewegungen um die Handachse V zu entsprechend großen Wegen des Laserstrahls (4) am Werkstück (6). Dementsprechend führt die überlagerte und entgegen gerichtete Ausgleichsbewegung zur einer Verringerung der Bearbeitungs- und Schweißgeschwindigkeit V_s am Werkstück (6).

Figur 2 verdeutlicht einen solchen Bewegungsablauf beim Schweißen eines kurzen Nahtabschnittes in sieben Schritten A bis G.

Schritt A zeigt die Ausgangsposition am Ende einer Transportphase mit ausgeschaltetem Laserstrahl (4). Die Laserstrahlachse bzw. die Orientierung des Laserwerkzeugs (3) und des Auslegers (5) ist senkrecht zur Werkstückoberfläche gerichtet.

Aus dieser Position startet die Ausgleichsbewegung, wobei das Laserwerkzeug (3) vor Schweißbeginn in Richtung der durch einen Pfeil V_r verdeutlichten Versatzbewegung gedreht und schräg zur Werkstückoberfläche ausgerichtet wird. Der danach eingeschaltete Laserstrahl (4) hat zum Beginn der Schweißnaht gemäß Schritt B einen vorwärts gerichteten schrägen Strahlwinkel α , mit dem er auf die Oberfläche des Werkstücks (6) trifft. Zu Schweißbeginn

läuft der Auftreffpunkt des Laserstrahls (4) dem Laserwerkzeug (3) bzw. dem Fußpunkt des Flanschkoordinatensystems voraus. Dieser Winkel α ist zu Schweißbeginn maximal und kann je nach Laserart und
5 anderen nachfolgend näher erläuterten Schweißbedingungen, z.B. ca. 15° gegen die gestrichelt dargestellte Senkrechte zur Werkstückoberfläche betragen. Je nach Einsatzfall sind auch größere Winkel von z.B. 60° möglich.

In der weiteren Versatzbewegung wird nun durch die
10 kontinuierlich entgegen gerichtete Ausgleichsbewegung gemäß Pfeil Vw um die Handachse V der Strahlwinkel α verkleinert. Bild C zeigt dies mit einem halbierten schräg vorwärts gerichteten Strahlwinkel α' von ca. $7,5^\circ$. Im Bild D ist der Strahlwinkel des Laserstrahls vertikal
15 zur Werkstückoberfläche.

In der weiteren Versatzbewegung wird durch die fortgesetzte Ausgleichsbewegung Vw ein schräg rückwärts gerichteter Strahlwinkel β , β' erzeugt, der sich zunehmend vergrößert. Im Bild E beträgt der rückwärtige Strahlwinkel
20 β' ca. $7,5^\circ$.

Bild F verdeutlicht das Ende der Naht (7) und einen maximalen rückwärtigen Strahlwinkel β von ca. 15° . Am Schweißende läuft der Auftreffpunkt des Laserstrahls (4) dem Laserwerkzeug (3) bzw. dem Fußpunkt des
25 Flanschkoordinatensystems hinterher.

Der Laserstrahl (4) wird am Nahtende abgeschaltet, wobei das Laserwerkzeug (3) anschließend in der Transportphase in einer Rückholbewegung in Richtung der Versatzbewegung gedreht und senkrecht zur Werkstückoberfläche ausgerichtet
30 wird. Bild G verdeutlicht diese Stellung, die zugleich die Ausgangsposition A für den nächsten Nahtabschnitt und die folgende Schweißphase ist.

Die Ausgleichsbewegung läuft vorzugsweise symmetrisch zum
35 Nahtabschnitt (7) ab, so dass die vorwärts und rückwärts gerichteten Strahlwinkel α , α' , β , β' in ihrem Absolutwert in etwa gleich groß sind. Die Rückholbewegung kann

ebenfalls gleichmäßig sein. Die Versatzgeschwindigkeit V_r ist während des Schweißens vorzugsweise konstant. Die Ausgleichsgeschwindigkeit V_w ist vorzugsweise ebenfalls konstant. Durch die Überlagerung ergibt sich eine
5 konstante Schweißgeschwindigkeit V_s . Bei Bedarf können allerdings die Größen- und Relativverhältnisse der Ausgleichs- und Versatzbewegung bzw. deren Geschwindigkeiten V_w und V_r variieren, wobei sich auch die Schweißgeschwindigkeit V_s ändert.

10 Durch die drehende Ausgleichsbewegung beschreibt der Fokuspunkt einen Bogen. Zum Ausgleich kann entweder der Roboter (2) mit seinen Achsen I bis V eine entsprechend entgegen gerichtete bogenförmige Versatzbewegung
15 ausführen, so dass der Fokuspunkt stets in konstanter Position zur Werkstückoberfläche bleibt. Er kann dabei z.B. auf oder knapp unter Werkstückoberfläche liegen. Alternativ kann über die vorerwähnte Höhenverstellung der Fokussiereinrichtung eine Kompensation der Bogenbewegung
20 und deren damit normalerweise einhergehenden Fokusverschiebung stattfinden.

Wie Figur 3 verdeutlicht, ist beim Schweißen der zurückgelegte Versatzweg f des
25 Flanschkoordinatenbezugspunkts wesentlich größer als der Schweißweg bzw. die Nahtlänge s .

Figur 4 verdeutlicht die betragsmäßigen Geschwindigkeitsverhältnisse in einem Diagramm, wobei im
30 oberen Teil schematisch Nahtabschnitte (7) der Steppnaht und die dabei auftretenden vorwärts und rückwärts gerichteten Strahlwinkel dargestellt sind.

Figur 5 zeigt die Überlagerung der
35 Geschwindigkeitsvektoren V_r , V_w und V_s unter Berücksichtigung ihrer Größe und Richtung für das Beispiel einer geraden Steppnaht gemäß Figur 1 bis 4.

Der Roboter (2) kann während der Schweiß- und Transportphasen eine gleichbleibende Versatzgeschwindigkeit V_r fahren, wie sie in Figur 4 mit einer durchgezogenen Linie dargestellt ist. Durch die Ausgleichsbewegung wird eine exakt entgegen gerichtete Ausgleichsgeschwindigkeit V_w des Fokus an der Werkstückoberfläche erzeugt, die z.B. ebenfalls konstant und halb so groß wie die Versatzgeschwindigkeit V_r ist. Durch die Überlagerung der beiden entgegengesetzt gerichteten Geschwindigkeiten V_r und V_w gemäß Figur 5 ergibt sich eine Schweißgeschwindigkeit V_s von 5 m/min., die z.B. der maximal möglichen Prozessgeschwindigkeit entspricht. Mit qualitativ verbesserten Laserwerkzeugen (3) oder bei anderen Bearbeitungsprozessen lassen sich auch andere und höhere Schweiß- oder Bearbeitungsgeschwindigkeiten erzielen.

In Abwandlung der in Figur 4 dargestellten Verhältnisse können die Versatzgeschwindigkeit V_r und die Ausgleichsgeschwindigkeit V_w während der Schweißphase nicht konstant und variabel sein. Dies ist z. B. erforderlich, um die in Figur 6 gezeigten unterschiedlichen Nahtformen herstellen zu können.

Bei einem konventionellen Schweißprozess entspricht die Versatzgeschwindigkeit V_r der Schweißgeschwindigkeit V_s . Dank der Ausgleichsbewegung und Abstandsvergrößerung x kann die Versatzgeschwindigkeit V_r gegenüber dem Stand der Technik wesentlich erhöht und z.B. auf das Dreifache gesteigert werden. Hierbei ist es in Abwandlung der vorbeschriebenen Ausführungsform auch möglich, in den Transportphasen die Versatzgeschwindigkeit V_r noch weiter zu beschleunigen, was in Figur 4 durch gestrichelte Linien verdeutlicht wird.

Durch das insgesamt gesteigerte Geschwindigkeitsniveau der Versatzgeschwindigkeit V_r kann der Schweißroboter die Abstände zwischen den Schweißnahtabschnitten sehr viel schneller als bisher überbrücken und dadurch in gleicher
5 Zeit mehr Schweißnähte oder Nahtabschnitte setzen als bisher. Figur 7 verdeutlicht z.B. einen solchen Ablauf beim Schweißen einer Seitenwand einer Fahrzeugkarosserie in einer einzigen Umlaufbewegung. Von einem einzelnen Schweißroboter (2) gemäß Figur 1 werden hierbei sämtliche
10 Nahtabschnitte in einer Umlaufbahn mit mehreren, einander gegebenenfalls kreuzenden Bewegungsschleifen gesetzt.

Die Fahrzeugkarosserie wird mit ein oder mehreren Steppnähten (7) sozusagen "genäht". Die mit optimaler
15 Schweißgeschwindigkeit und maximaler Leistung gesetzte Steppnaht (7) sorgt für eine hohe beanspruchungsgerechte Festigkeit der Bauteilverbindungen und kann das bisher getrennte Heften und nachfolgende Ausschweißen ersetzen und zu einem Schweißvorgang in einer Station verbinden.
20 Durch das Steppen und die Nahtunterbrechungen wird auch der Wärmeeintrag an der Fahrzeugkarosserie begrenzt.

Für das "Nähen" ist es günstig, ein Laserwerkzeug (3) mit hoher Durchschnitts- oder Dauerstrichleistung CW und hoher
25 Strahlqualität, z.B. einen Faserlaser, einzusetzen. Hierbei kann auch die Nahtform in geeigneter Weise gewählt und eingestellt werden, um die gewünschte beanspruchungsgerechte Festigkeit zu erreichen. Das Laserwerkzeug (3) hat vorzugsweise eine veränderliche, im
30 Prozess aber bevorzugt fest einstellbare und konstant gehaltene Pulsfrequenz. Die Ein- und Ausschaltzeiten während des Schweißens können gesteuert werden und variieren. Das Laserwerkzeug (3) ist in seiner Leistung schaltbar und modulierbar. Es besitzt hierfür vorzugsweise
35 einen Frequenzgenerator, mit dem die Pulsfrequenz und die Leistung des Lasers gesteuert und an die Bauteilwerkstoffe, Nahtlängen und Nahtformen angepasst

werden. Ferner kann auch der Laserstrahl für die Steppnaht (7) mit den Transport- und Schweißphasen in der erforderlichen Frequenz ein- und ausgeschaltet werden.

- 5 Die möglichen Schweißnahtlängen hängen unter anderem vom TCP-Abstand x ab. Je größer dieser Abstand x ist, desto größer ist die maximale Nahtlänge s .

- 10 Zudem kann die Schweißnahtlänge s vom Verhältnis zwischen Versatzgeschwindigkeit V_r und maximaler Schweißgeschwindigkeit V_s abhängen. Je kleiner die Unterschiede zwischen V_r und V_s sind, desto größer kann die Schweißnahtlänge s sein. Umgekehrt erlauben kurze Nahtlängen s eine wesentliche Steigerung der
15 Versatzgeschwindigkeit V_r und damit der Gesamt-Prozessleistung.

- Die Nahtlängen s hängen andererseits von den maximal möglichen schrägen Strahlwinkeln α , β ab. Diese
20 Strahlwinkel können je nach Bauteilwerkstoff und Art bzw. Leistung des Laserwerkzeugs (3) variieren. Je größer diese Strahlwinkel α , β sind, desto größer kann die Nahtlänge s sein.

- 25 In der Praxis nutzbare Versatzgeschwindigkeiten V_r des Roboters bei einer Schweißgeschwindigkeit V_s von z.B. 6 m/min können bei entsprechendem Fokusabstand x ca. 50 m/min und mehr betragen. Praktisch nutzbare Nahtlängen s liegen z.B. im Bereich zwischen 5 und 50 mm.

- 30 Figur 8 und 9 zeigen die eingangs erwähnte Variante mit der Winkellage des Auslegers (5) und des Laserwerkzeugs (3). Der Ausleger (5) ist mit einer Grundplatte am Abtriebsflansch (14) befestigt und ragt schräg nach
35 hinten, so dass das am vorderen Auslegerende montierte Laserwerkzeug (3) gegenüber dem Abtriebsflansch (14) nach hinten und nach unten versetzt ist. Das Laserwerkzeug (3)

ist dabei so ausgerichtet, dass der emittierte Laserstrahl (4) in seiner Verlängerung die quer liegende Handachse V in einem Schnittpunkt (18) schneidet. Dieser Schnittpunkt (18) ist vorzugsweise zugleich das Schnittzentrum aller drei Handachsen IV, V und VI.

Bei dieser Ausführungsform ist die TCP-Koordinate x der Abstand zwischen dem Schnittpunkt (18) und dem Fokuspunkt auf der Werkstückoberfläche (6). Der Roboter (2) führt die Versatzbewegung durch eine Bewegung seiner Achsen I - IV durch. Die Ausgleichsbewegung erfolgt durch eine Drehung der Roboterhand (8), des Auslegers (5) und des Laserwerkzeugs (3) um die Handachse V. Hierbei entstehen auch die im Ausführungsbeispiel zu Figur 2 beschriebenen vorwärts und rückwärts gerichteten Strahlwinkel α und β .

In der Variante von Figur 8 und 9 ist der Ausleger (5) kürzer als im ersten Ausführungsbeispiel von Figur 1 - 4. Die Fokusbrennweite b der Laseroptik kann je nach gewünschtem Arbeitsabstand a gleich oder größer als im ersten Ausführungsbeispiel sein.

Figur 10 verdeutlicht die ebenfalls vorstehend angesprochene dritte Variante, bei der die Ablenkung des Laserstrahls (4) und die Ausgleichbewegung durch eine bewegliche Scannereinrichtung (17) erfolgen. In diesem Fall kann auf einen Ausleger (5) verzichtet werden. Die Scannereinrichtung (17) ist z.B. als eine Scanneroptik mit zwei oder mehr drehbeweglichen und von der Robotersteuerung (13) aus in ihren Bewegungen steuerbaren Spiegeln ausgebildet. Durch die Spiegeldrehungen kann der Laserstrahl (4) in ein oder zwei Achsen abgelenkt werden. Die Scannereinrichtung (17) ist vorzugsweise im Gehäuse des Laserwerkzeugs (3) untergebracht, kann alternativ aber auch extern angeordnet sein. Die Fokussieroptik hat auch hier vorzugsweise eine feste Brennweite.

Abwandlungen der gezeigten Ausführungsformen sind in
verschiedener Weise möglich. Die Lage und Ausbildung des
Werkstücks (6) kann sich ändern, wobei der Roboter (2)
seine Orientierung entsprechend variiert. Hierdurch können
5 auch räumliche Bahn- und Nahtverläufe wie bei der
Karosserie (6) von Figur 7 bearbeitet werden. Der Roboter
(2) ändert seine Orientierung hierbei vorzugsweise derart,
dass stets nur eine und vorzugsweise die gleiche Handachse
für die Ausgleichsbewegung zuständig ist.

10 In weiterer Abwandlung ist es möglich, die
Ausgleichsbewegung alternativ durch mehrere Handachsen
oder durch eine angebaute Dreh- und/oder Lineareinheit
auszuführen. Die Dreh- und/oder Lineareinheit bewegt dann
15 das Laserwerkzeug (3) zur Ausgleichsbewegung unabhängig
von der Roboterhand (8). Auf einen Ausleger (5) kann in
diesem Fall u.U. verzichtet werden.

20 Variationsmöglichkeiten sind ferner bei der Laseroptik
vorhanden, die z.B. eine veränderbare Fokusbrennweite
haben kann. Die Laseroptik kann ansonsten von beliebiger
Bauart sein.

25 Variabel ist auch die Ausgestaltung des Manipulators (2).
Hierbei kann es sich im einfachsten Fall um eine
Schlittenanordnung mit mehreren translatorischen Achsen,
z.B. einem x-y-Schlitten handeln. Auch sind Mischformen
von rotatorischen und translatorischen Achsen und andere
Zahlen von Achsen und Freiheitsgraden möglich.

30 Variabel sind zudem die Art der Laserprozesse. Dies
betrifft neben dem Schweißen z.B. das Schneiden, das
Oberflächenbearbeiten, z.B. Gravieren, oder das gezielte
Oberflächenerwärmen.

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Laserbearbeitungsvorrichtung
	2	Manipulator, Roboter
5.	3	Laserwerkzeug
	4	Laserstrahl
	5	Ausleger
	6	Werkstück
	7	Naht
10	8	Manipulatorhand, Roboterhand
	9	Manipulatorarm, Roboterarm
	10	Schwinge
	11	Konsole
	12	Sockel
15	13	Robotersteuerung
	14	Abtriebsflansch
	15	Laserquelle
	16	Leitung
	17	Scannereinrichtung, Scanneroptik
20	18	Schnittpunkt, Schnitzzentrum
	a	freier Arbeitsabstand
	b	Brennweite der Fokussieroptik
	x	TCP-Koordinate in Werkzeugrichtung
25		
	Vr	Versatzgeschwindigkeit Roboter
	Vs	Bearbeitungsgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit
	Vw	Ausgleichsgeschwindigkeit
	f	Versatzweg Roboter
30	s	Bearbeitungsweg, Schweißweg, Nahtlänge
	α	Strahlwinkel vorwärts
	α'	Strahlwinkel vorwärts
	β	Strahlwinkel rückwärts
35	β'	Strahlwinkel rückwärts

PATENTANSPRÜCHE

- 1.) Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken (6) mit
einem bewegten Laserstrahl (4), wobei das
5 Laserwerkzeug (3) von einem mehrachsigen
mechanischen Manipulator (2) an einer
Manipulatorhand (8) mit Abstand über dem Werkstück
(6) gehalten und entlang einer vorgegebenen Bahn in
einer Versatzbewegung bewegt wird, dadurch
10 g e k e n n z e i c h n e t, dass während des
Bearbeitungsvorgangs der Versatzbewegung eine
zumindest partiell entgegengerichtete
Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) überlagert
wird.
15
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass das Werkstück (6)
intermittierend bearbeitet wird, wobei sich
Bearbeitungs- und Transportphasen abwechseln, wobei
20 zu Beginn einer Bearbeitungsphase der Auftreffpunkt
des Laserstrahls (4) dem Laserwerkzeug (3) oder dem
Fußpunkt eines Flanschkoordinatensystems vorausläuft
und am Ende der Bearbeitungsphase nacheilt.
- 25 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass während des
Bearbeitungsvorgangs der Versatzbewegung zusätzlich
eine zumindest partiell quer gerichtete
Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) überlagert
30 wird.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass die
Versatzgeschwindigkeit V_r größer als die
35 entgegengerichtete Ausgleichsgeschwindigkeit V_w ist.

- 5.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Versatzgeschwindigkeit V_r größer als die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_s des Laserstrahls (4) am Werkstück (6) ist.
- 6.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) eine Winkelbewegung ist.
- 7.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) durch eine Schwenkbewegung der Manipulatorhand (8) um eine ihrer Handachsen ausgeführt wird.
- 8.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug (3) mittels eines Auslegers (5) mit Abstand von der Manipulatorhand (8) gehalten wird.
- 9.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) durch eine bewegliche Scannereinrichtung (17) am Laserwerkzeug (3) ausgeführt wird.
- 10.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Laserstrahl (4) zu Beginn der Bearbeitung mit einem schräg vorwärts gerichteten Strahlwinkel α , α' auf das Werkstück (6) gerichtet wird.
- 11.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Laserstrahl (4) am Ende der Bearbeitung mit einem

- 23 -

schräg rückwärts gerichteten Strahlwinkel β , β' auf das Werkstück (6) gerichtet wird.

- 5 12.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (2) bei der Bearbeitung eine im wesentlichen konstante Versatzbewegung ausführt.
- 10 13.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (2) in den Transportphasen zwischen den Bearbeitungen eine im wesentlichen konstante oder eine beschleunigte Versatzbewegung ausführt.
- 15 14.) Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (6) mit einem bewegten Laserstrahl (4), wobei das Laserwerkzeug (3) von einem mehrachsigen mechanischen Manipulator (2) an einer Manipulatorhand (8) gehalten und entlang einer
- 20 vorgegebenen Bahn in einer Versatzbewegung bewegbar ist, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (2) eine Einrichtung zur Erzeugung einer während des Bearbeitungsvorgangs ablaufenden und der Versatzbewegung entgegengerichteten und überlagerten
- 25 Ausgleichsbewegung des Laserstrahls (4) aufweist.
- 15.) Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (2) eine mehrachsige Manipulatorhand (8) aufweist,
- 30 bei der mindestens eine Handachse unabhängig von der Versatzbewegung steuerbar ist.
- 16.) Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug
- 35 (3) mittels eines Abstand bildenden Auslegers (5) an der Manipulatorhand (8) montiert ist.

17.) Vorrichtung nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug
(3) eine Fokussieroptik zur Erzeugung eines
winkelfesten Laserstrahls (4) aufweist.

5

18.) Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Laserwerkzeug (3) eine feste Fokusbrennweite
aufweist.

10

19.) Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Laserwerkzeug (3) eine Brennweite von ca. 150 bis
400 mm aufweist.

15

20.) Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug
(3) eine bewegliche, steuerbare Scannereinrichtung
(17) aufweist.

20

21.) Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der
Manipulator (2) als mindestens sechssachsiger
Gelenkarmroboter ausgebildet ist.

25

22.) Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Laserwerkzeug (3) als Schweißwerkzeug ausgebildet
ist.

30

35

Fig. 2

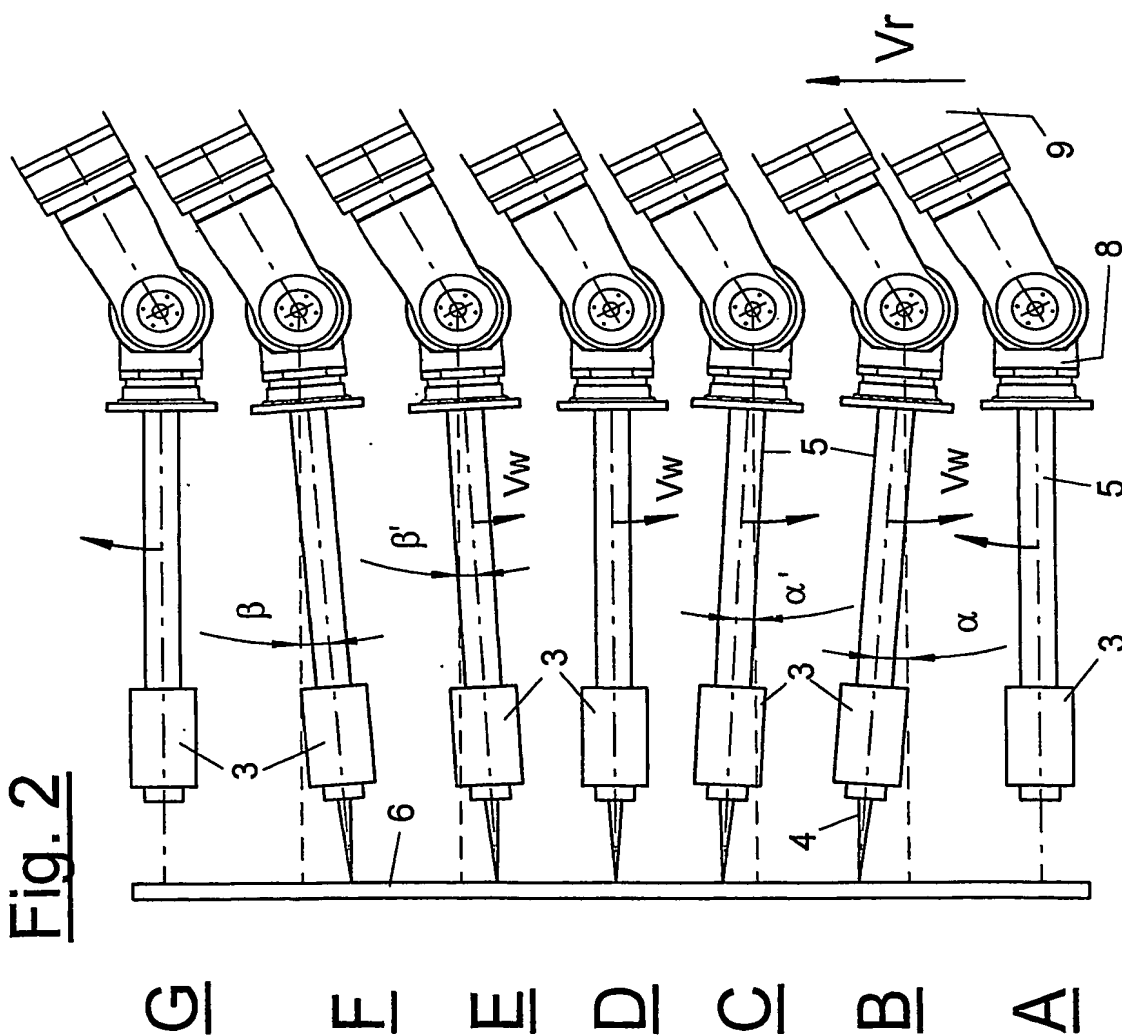


Fig. 3

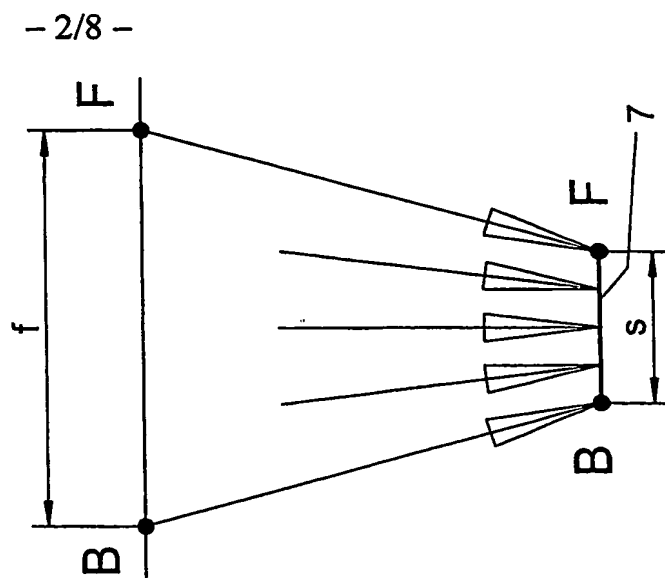


Fig. 4

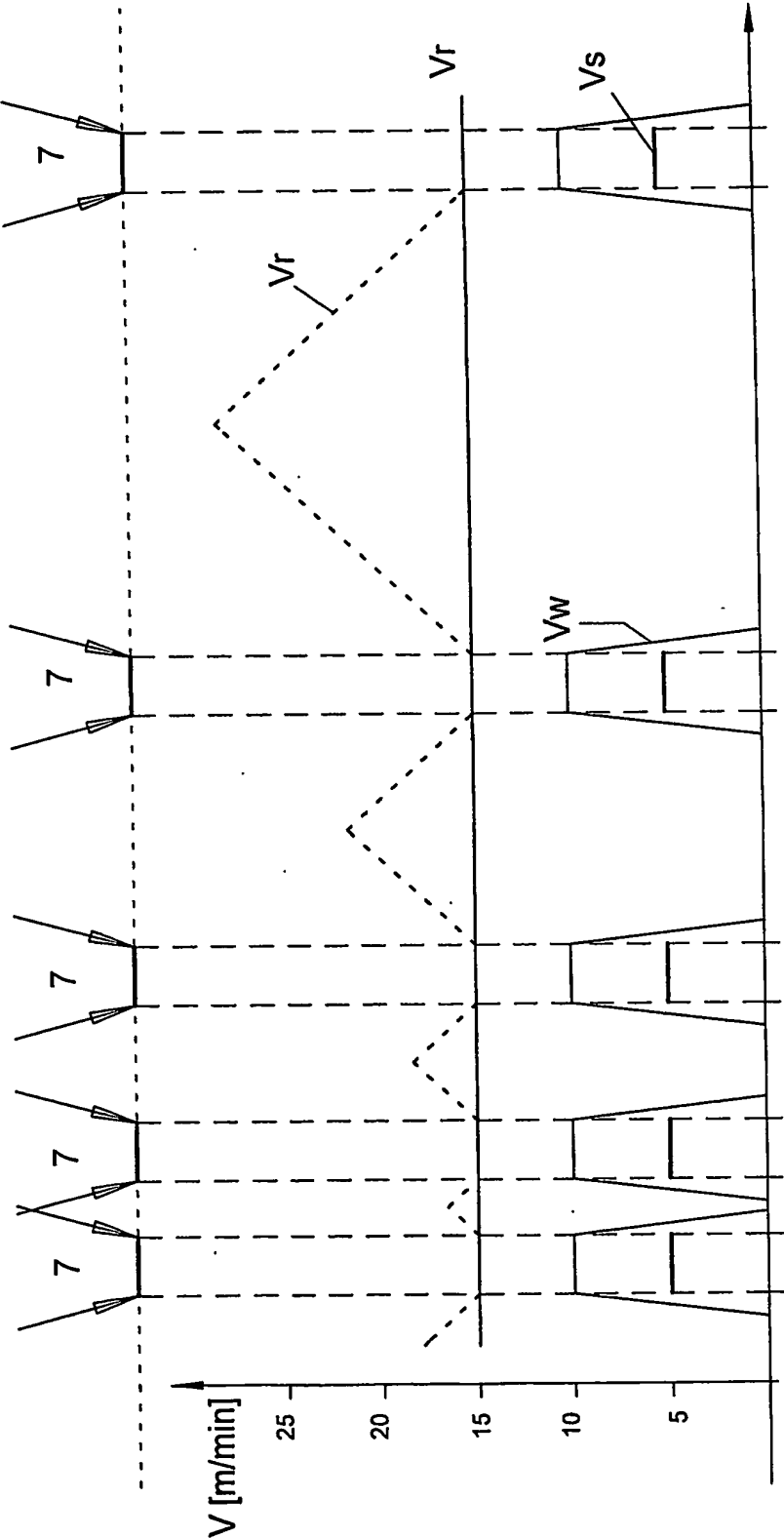


Fig. 5

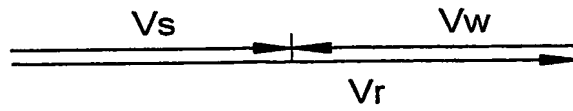
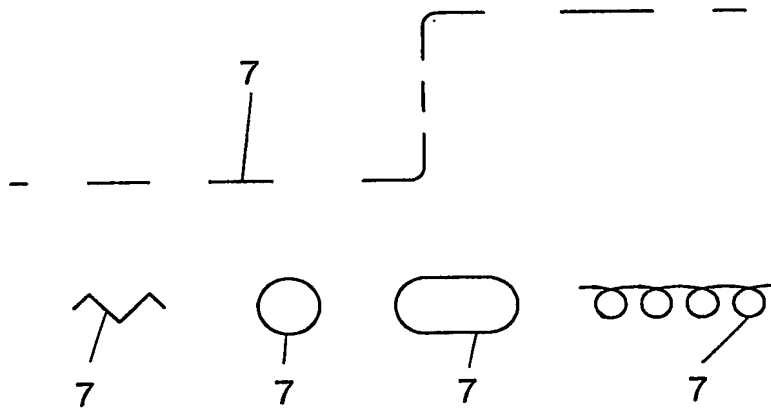


Fig. 6



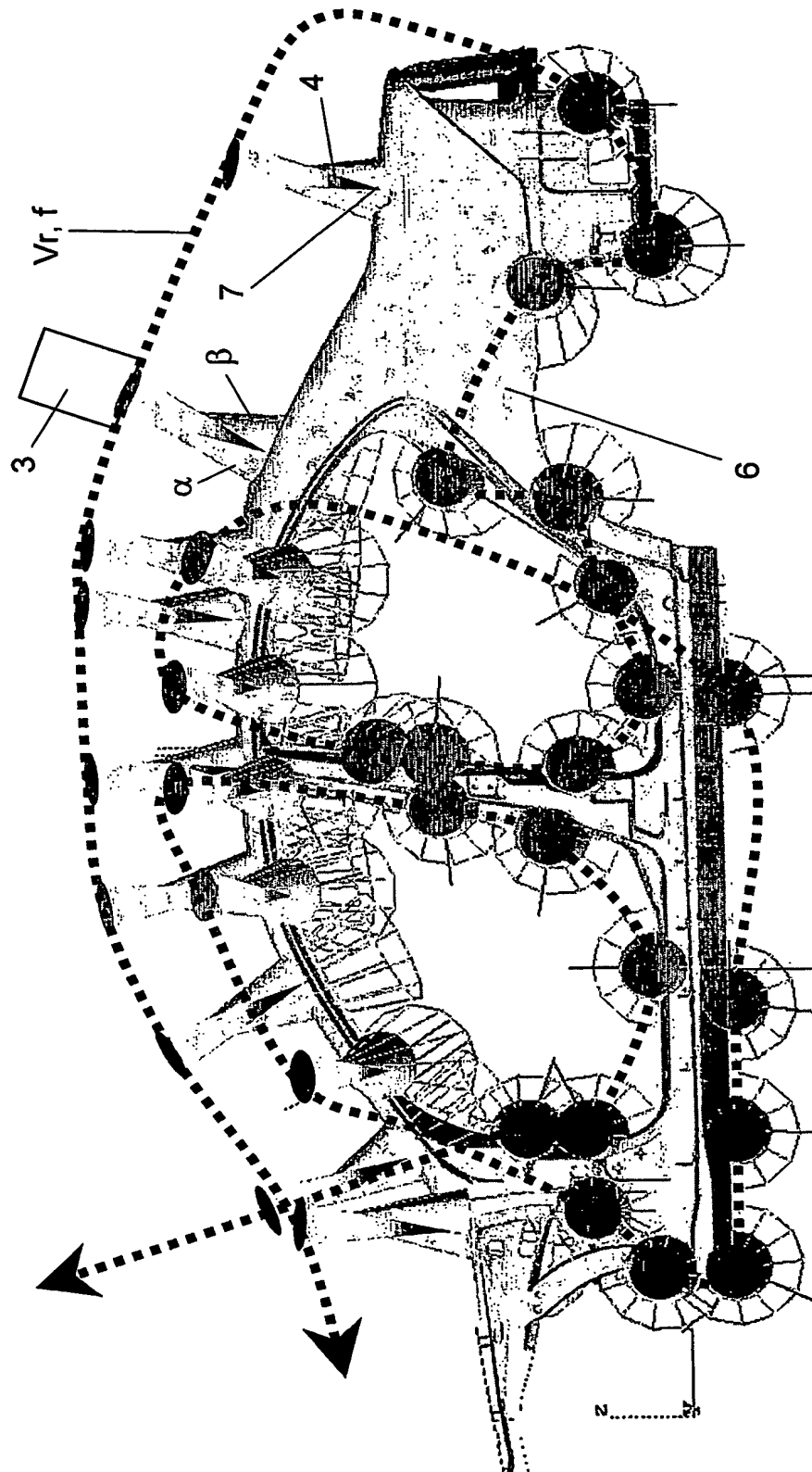


Fig. 7

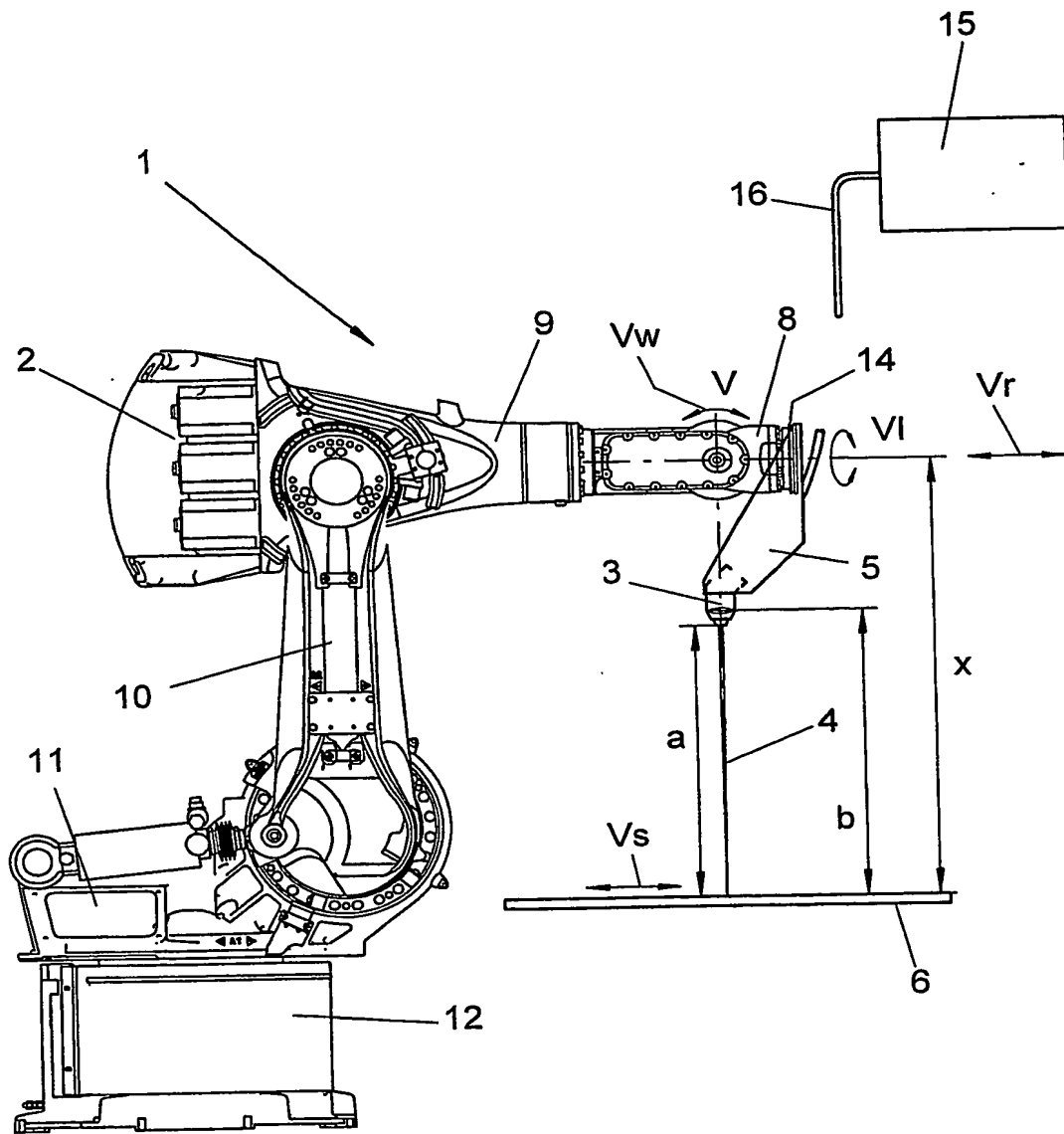


Fig. 8

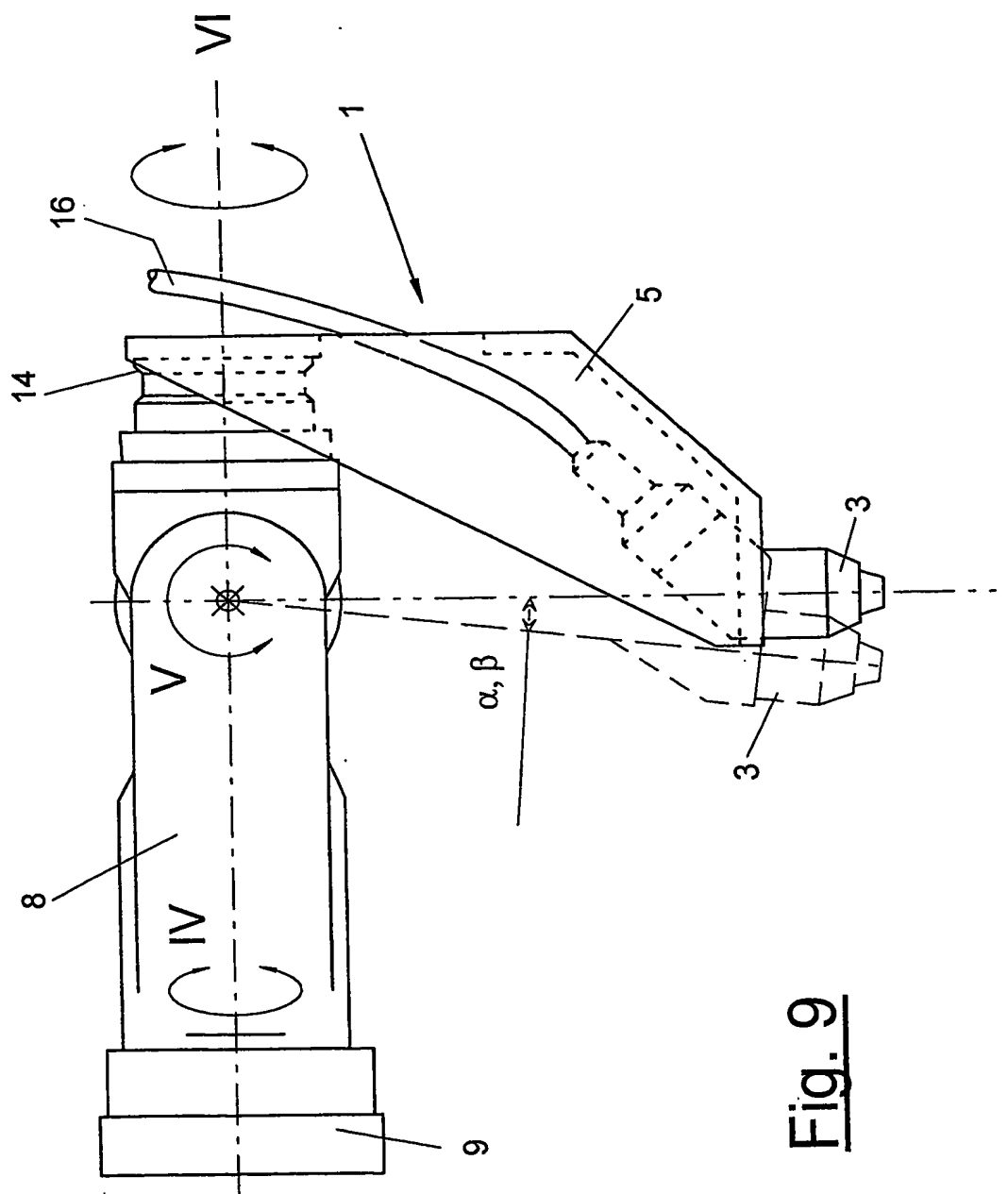


Fig. 9

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K26/067

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 631 838 A (FANUC LTD) 4 January 1995 (1995-01-04) claims 1-5; figures 1-7 -----	1, 14
A	US 4 855 565 A (THOMAS BRUCE A ET AL) 8 August 1989 (1989-08-08) column 14, line 51 - column 14, line 58; figures 1-12 -----	1, 14
A	WO 02/02281 A (SARTORIO FRANCO) 10 January 2002 (2002-01-10) claim 11; figures 1,2 -----	1, 14



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

*** Special categories of cited documents :**

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2004

Date of mailing of the international search report

21/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Concannon, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008104

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0631838	A	04-01-1995	JP 6179092 A	28-06-1994
			DE 69308828 D1	17-04-1997
			DE 69308828 T2	09-10-1997
			EP 0631838 A1	04-01-1995
			US 5466909 A	14-11-1995
			WO 9413425 A1	23-06-1994
			KR 127842 B1	08-04-1998
US 4855565	A	08-08-1989	AT 74051 T	15-04-1992
			AU 584798 B2	01-06-1989
			AU 7231087 A	20-10-1987
			WO 8705849 A1	08-10-1987
			DE 3777737 D1	30-04-1992
			EP 0262198 A1	06-04-1988
			JP 63503213 T	24-11-1988
WO 0202281	A	10-01-2002	KR 9501096 B1	11-02-1995
			IT T020000657 A1	31-12-2001
			WO 0202281 A1	10-01-2002
			EP 1294544 A1	26-03-2003
			JP 2004501790 T	22-01-2004
			US 2004025761 A1	12-02-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K26/067

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K B25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 631 838 A (FANUC LTD) 4. Januar 1995 (1995-01-04) Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-7 -----	1, 14
A	US 4 855 565 A (THOMAS BRUCE A ET AL) 8. August 1989 (1989-08-08) Spalte 14, Zeile 51 - Spalte 14, Zeile 58; Abbildungen 1-12 -----	1, 14
A	WO 02/02281 A (SARTORIO FRANCO) 10. Januar 2002 (2002-01-10) Anspruch 11; Abbildungen 1,2 -----	1, 14



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Concannon, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008104

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0631838	A	04-01-1995	JP	6179092 A	28-06-1994
			DE	69308828 D1	17-04-1997
			DE	69308828 T2	09-10-1997
			EP	0631838 A1	04-01-1995
			US	5466909 A	14-11-1995
			WO	9413425 A1	23-06-1994
			KR	127842 B1	08-04-1998
<hr/>					
US 4855565	A	08-08-1989	AT	74051 T	15-04-1992
			AU	584798 B2	01-06-1989
			AU	7231087 A	20-10-1987
			WO	8705849 A1	08-10-1987
			DE	3777737 D1	30-04-1992
			EP	0262198 A1	06-04-1988
			JP	63503213 T	24-11-1988
			KR	9501096 B1	11-02-1995
<hr/>					
WO 0202281	A	10-01-2002	IT	T020000657 A1	31-12-2001
			WO	0202281 A1	10-01-2002
			EP	1294544 A1	26-03-2003
			JP	2004501790 T	22-01-2004
			US	2004025761 A1	12-02-2004
<hr/>					